

# CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA och GÖTEBORGS UNIVERSITET

## FUF045/FYP302 - Speciell Relativitetsteori. 2019-01-16

Examinator: Gabriele Ferretti rum: Soliden S3039  
tel. 7723168, 0721582259 email: ferretti@chalmers.se

*OBS: Nästa granskningstillfälle: 2019-03-01, 16:00-17:00 i Origo N6115*

### Hjälpmedel:

- Chalmersgodkänd miniräknare.
- Physics Handbook

### Betygsgränser:

**Del 1** innehåller 4 enkla uppgifter, varav man kan få 10 poäng/uppgift.

**Del 2** innehåller 2 mer konceptuella uppgifter (också 10 poäng/uppgift).

För att nå godkänd nivå (3 eller G) räcker det att få sammanlagt 35 poäng när man lägger ihop bonuspoäng och poäng från Del 1.

För att få överbetyg måste man ha 35 poäng (bonus + Del 1) som ovan, samt följande antal poäng från Del 2: (CTH: 10-15: 4, 16-20: 5) (GU: 10-20: VG)

## Del 1

### 1

Vätes så kallade Balmer- $\alpha$  linje har en våglängd  $\lambda_0 = 656$  nm i labbet. Man observerar samma linje från en avlägsen supernova med våglängd  $\lambda = 5240$  nm. Antag att supernovan rör sig i radiell riktning från oss och beräkna supernovans hastighet.

### 2

Beräkna tröskelenergin som krävs för att skapa en elektron-positron par i processen  $e^- e^- \rightarrow e^- e^- e^- e^+$ , där en av de första två elektroner befinner sig i vila.  $m_{e^+} = m_{e^-} = 0.511$  MeV/ $c^2$ .

### 3

Det finns planer att bygga en myon collider i framtiden, där myoner accelereras till en energi av 1000 GeV. Vad är den genomsnittliga livslängden av en myon som rör sig med en sådan energi? (Myons massa  $m = 105.6$  MeV/ $c^2$ . Myons livslängd i vila  $\tau = 2.197$   $\mu$ s.)

4

En neutral  $\rho$  meson sönderfaller till två pioner  $\rho \rightarrow \pi^+ \pi^-$ , Pionerna har rörelsemängden med komponenter  $p_{1x} = -250 \text{ MeV}/c$  respektive  $p_{2x} = +515 \text{ MeV}/c$  i  $x$ -riktningen och noll i  $y$  och  $z$  riktningen.

Beräkna  $\rho$  mesonens massa. Är  $\rho$  mesonen i vila när den sönderfaller? Om inte, beräkna dess hastighet. (Pions massa  $m_\pi = 140 \text{ MeV}/c^2$ .)

## Del 2

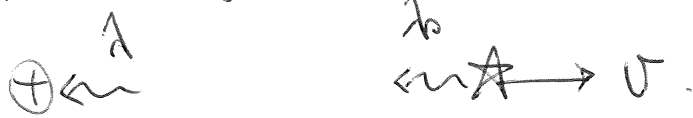
A

Börja med Einsteins två postulaten och härled Lorentztransformationen för två system i standardkonfigurationen. Uttryck alla förutsättningar, betona de som skiljer sig från Newtons mekanik och visa hur transformationerna ser ut i Newtons fallet.

B

Härled formeln för hastighets "addition" och använd den för att härleda formel för aberration av ljus. Beskriv en fysikalisk tillämpning av aberrations formel.

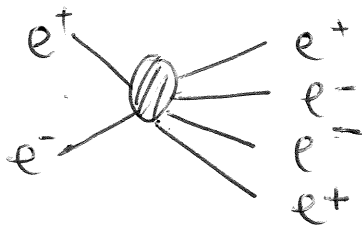
1) Doppler effect with moving source.



$$\frac{c}{\lambda_0} = \sqrt{\frac{1+v/c}{1-v/c}} \frac{c}{\lambda}$$

$$\Rightarrow v = \frac{\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2 - 1}{\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2 + 1} \times c = 0.969 \times c = 2.906 \times 10^8 \text{ m/s}$$

2)



$$c=1$$

$$E_{\text{threshold}} = \frac{(4m_e)^2 - m_e^2 - m_e^2}{2m_e} = 7m_e$$

or, alternatively  $T_{\text{thresl}} = E_{\text{thres}} - m_e = 6m_e$

in MeV:  $E_{\text{thres}} = 3.577 \text{ MeV}$

$$T_{\text{thres}} = 3.066 \text{ MeV}$$

3) Time dilation:

$$t = \gamma \tau \quad \text{where} \quad \gamma = \frac{E}{mc^2} = 9469.7$$

$$\Rightarrow t = 20805 \mu\text{s} \approx 0.02 \text{ s}$$

4) Conservation of 4-momentum: ( $c=1$ )

$$P_p^\mu = P_{\pi^+}^\mu + P_{\pi^-}^\mu$$

$$P_{\pi^+}^\mu = (E_{\pi^+}, P_{\pi^+}, 0, 0) = (\sqrt{P_{\pi^+}^2 + M_{\pi^+}^2}, P_{\pi^+}, 0, 0)$$
$$= (286, -250, 0, 0) \text{ MeV}$$

$$P_{\pi^-}^\mu = (534, 515, 0, 0) \text{ MeV}$$

$$P_p^\mu = (820, 265, 0, 0) \text{ MeV}$$

$$m_p^2 = P_p^\mu P_{p\mu} = (820^2 - 265^2) \text{ MeV}^2$$

$$\Rightarrow m_p = 776 \text{ MeV}$$

The  $p$  is NOT at rest because  $P_{px} \neq 0$   
the velocity (along  $x$ ) is:

$$v = \frac{P_{px}}{E_p} = \frac{265}{820} (x c) = 0.323 \times c$$
$$= 9.69 \times 10^7 \text{ m/s}$$